



Rodríguez Baeza Pereyra, Julio (2017).

Zaragoza Grifé, Jesús Nicolás (2017).
(<https://orcid.org/0000-0002-8780-4401>)

Conjunto de herramientas para la interoperabilidad de proyectos de construcción integrales.
p. 67-77

En:
BIM en la construcción / coordinadores: Aurora Minna Poó Rubio y Jorge Rodríguez-Martínez.
México: Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco, 2017.

Fuente: ISBN 978-607-28-1305-1.

Relación: <http://hdl.handle.net/11191/5782>

Universidad Autónoma Metropolitana
Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**

CYAD
Ciencias y Artes para el Diseño

Procesos
y Técnicas de Realización

<https://www.azc.uam.mx/>

<https://www.cyad.online/uam/>

<http://procesos.azc.uam.mx/>

Administración y Tecnología para el Diseño
Investigación

<https://administracionytecnologiaaeldisenio.azc.uam.mx/>

Repositorio Institucional
Zaloamati
"Preservar con amor y cariño el saber"

<http://zaloamati.azc.uam.mx>

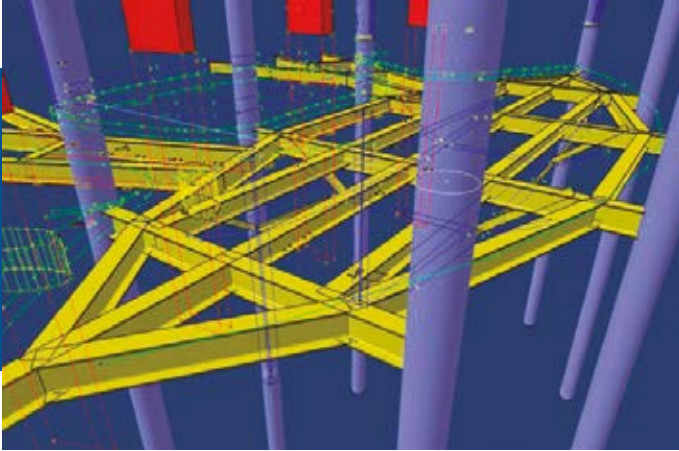


Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como

Atribución-NoComercial-SinDerivadas

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

D.R. © 2016. Universidad Autónoma Metropolitana. Se autoriza copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, siempre y cuando se den los créditos de manera adecuada, no puede hacer uso del material con propósitos comerciales, si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado. Para cualquier otro uso, se requiere autorización expresa de la Universidad Autónoma Metropolitana.



Dr. Julio Rodríguez Baeza Pereyra
Universidad Autónoma de Yucatán, México
bpereyra@uady.mx

M.I. Jesús Nicolás Zaragoza Grifé
Universidad Autónoma de Yucatán, México
zgrife77@uady.mx

05

CONJUNTO DE HERRAMIENTAS PARA LA
INTEROPERABILIDAD DE PROYECTOS DE
CONSTRUCCIÓN INTEGRALES

INTRODUCCIÓN

Cuantificar un proyecto de construcción es un trabajo que requiere experiencia, pero sobre todo toma un tiempo considerable. A través del tiempo se han realizado esfuerzos para mejorar la eficiencia del proceso de la cuantificación utilizando calculadoras manuales y electrónicas, así como también se ha difundido mucho el uso de la hoja electrónica (Eastman, et al., 2008).

Estimar las secuencias y las duraciones de los trabajos de construcción es una tarea que requiere experiencia, pero sobre todo requiere la colaboración de diferentes disciplinas. Además de ello, la manera corriente de hacer dicha operación en la península de Yucatán es mediante la consulta directa sobre planos ejecutivos y el presupuesto de obra. Obtener la información desde estos medios conduce a posibles errores y omisiones si no se tiene la información completa. El enfoque de este trabajo ha sido lograr que la información contenida en una hoja de Revit fuese extraída y puesta a disposición de programas tales como SincoWfi, Microsoft Excel y Microsoft Project. Fue necesario adentrarse en el funcionamiento interno de la herramienta Revit para observar en qué partes de la estructura de objetos se encuentran los atributos que permiten obtener las propiedades de los diferentes elementos tales como: muros, ventanas, columnas, losas, etcétera. Así mismo, también fue necesario modificar la hoja de Revit para incluir parámetros compartidos que el software no proporciona, tales como: clave, nombre, partida, frente de obra y demás. Así mismo, también fue necesario modificar al sistema SincoWfi para agregar una tabla de información en su plantilla de base de datos para guardar la información de la liga de cada uno de los elementos por cuantificar y su relación con los conceptos de costo en un

presupuesto de obra para ese proyecto. Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto SISTPROY con financiamiento interno clave FING-09-009 denominado "Contextualización de los conocimientos y la tecnología sobre la integración del diseño y construcción en la península de Yucatán; estudios de caso". Una de las interfaces de usuario se encuentra en inglés debido a que una parte fue desarrollada por los autores en el Worcester Polytechnic Institute, Massachusetts, Estados Unidos, en Noviembre de 2009 presentándose en una clase de Cost Estimating como parte de los trabajos de la red del Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de México, a la cual los autores pertenecen.

MATERIALES Y MÉTODOS AUTODESK REVIT

Autodesk Revit es una herramienta que permite realizar el modelado virtual de edificios en tres dimensiones. A partir de la versión 8.1 Autodesk, se incluyó la posibilidad de programar macros dentro del programa implementando una versión de VBA (Visual Basic for Applications). Sin embargo, no se tuvo todo el poder de manipulación del modelo en Revit hasta que la versión 2010 fue lanzada con una librería de enlace dinámico (DLL) denominada RevitAPI.dll basada en el .NET Framework.

Con la utilización de esta librería se puede acceder en tiempo de ejecución a un modelo hecho en Revit, haciendo correr un conjunto de programas realizados en Visual Studio 2008 denominados "comandos externos". Un comando externo en Revit permite lanzar una aplicación completa que tenga libre acceso a todos los objetos del modelo para poder editarlos, eliminarlos, actualizarlos y seleccionarlos. Esta tecnología motivó a los autores a construir sistemas computacionales basados en estas características que pudieran tener acceso, en primer lugar, a un modelo tridimensional en Revit, y luego a un presupuesto realizado en SincoWfi, dejando al usuario la tarea de relacionar

los elementos del modelo con los conceptos del presupuesto para obtener luego, de manera automatizada, la cuantificación y la programación de obra para cada uno de ellos y actualizar el presupuesto en SincoWfi 2003.

SINCOWFI

SincoWfi es una herramienta computacional para ingeniería de costos que permite obtener un presupuesto detallado en base a precios unitarios. Esta herramienta fue desarrollada en la FIUADY. Su base de datos está hecha en Microsoft Access 2003. No utiliza las relaciones, sólo las tablas. Una base de datos de SincoWfi puede contener varios presupuestos, por lo que se determinó necesario poder hacer un mecanismo para que el usuario final de este paquete pudiera seleccionar el presupuesto a cuantificar a través de la conexión con Revit.

MICROSOFT EXCEL

Excel fue la primera hoja de cálculo que permite al usuario definir la apariencia de las hojas de cálculo (las fuentes, atributos de carácter y apariencia de las celdas). También introdujo la re-computación inteligente de celdas, con lo cual las celdas dependientes de otra que ha sido modificada, se actualizan al instante. Excel tiene una amplia capacidad gráfica, y permite a los usuarios realizar la combinación de correspondencia. Como está disponible en la mayoría de los ordenadores de la región, es la herramienta por defecto que los constructores y diseñadores utilizan para manipular datos tanto de presupuesto como de programación.

MICROSOFT PROJECT

Project es un software de administración de proyectos diseñado, desarrollado y comercializado por Microsoft para asistir a administradores de proyectos en el desarrollo de planes, asignación de recursos a tareas, dar seguimiento al progreso, administrar presupuesto y analizar cargas de

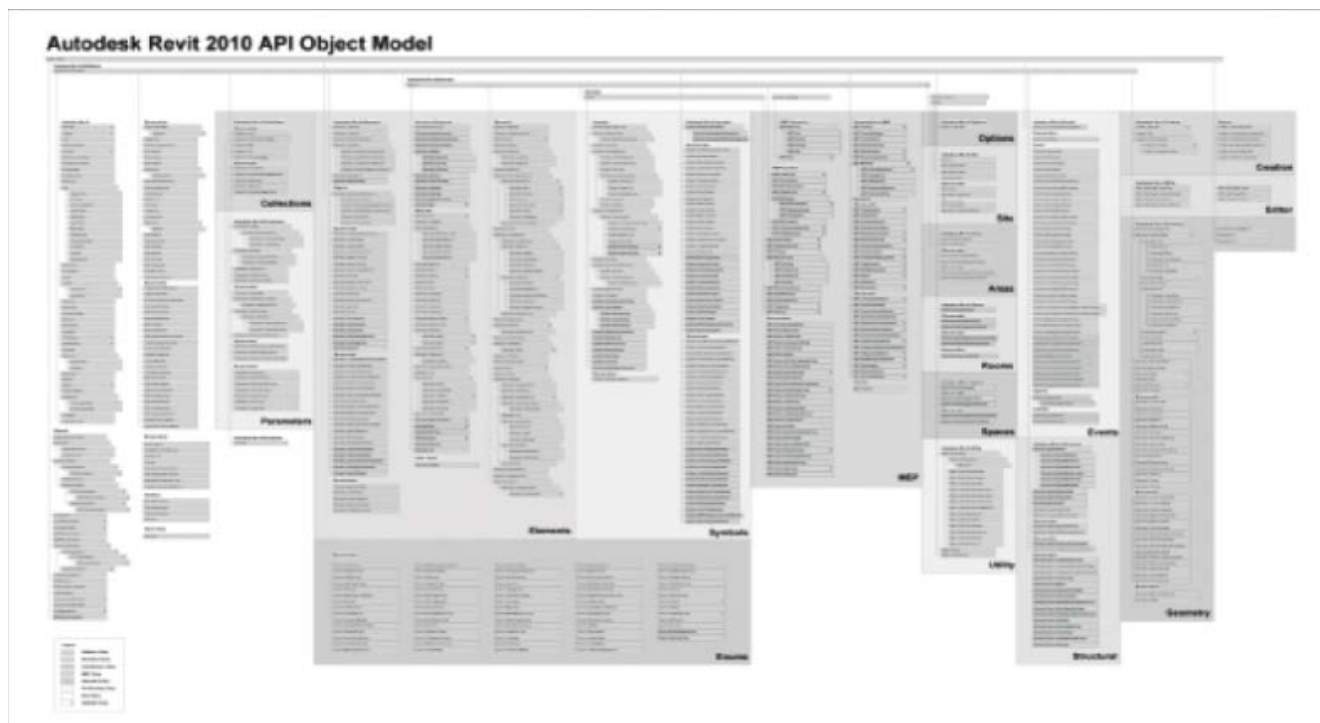


Figura 5.1 Especificación de clases expuestas a través de Revit 2010 API Object Model.

trabajo. Como es de relativo bajo costo, la mayoría de las constructoras y empresas de diseño lo utilizan para programar proyectos.

OBJETIVOS Y ALCANCES

Desarrollar un paquete computacional que permita la interoperabilidad entre un paquete comercial denominado Revit para BIM con otro de ingeniería de costos denominado SincoWfi para poder realizar la cuantificación del presupuesto de construcción del modelo en el sistema de ingeniería de costos.

Los alcances que se obtuvieron fueron los de poder cuantificar todos los elementos de tipo: cuenta, longitud, área y volumen de un modelo tridimensional y poder guardar la información en SincoWfi y en Microsoft Project. También, si en el modelo tridimensional las dimensiones llegaron a

ser modificadas por el diseñador o por un cambio de especificación, esos cambios serían reflejados en el presupuesto de SincoWfi y en Microsoft Project.

ARQUITECTURA DE REVIT

Revit utiliza documentos tal y como lo hace Excel y Word de Microsoft; cada modelo reside en un documento. En este documento el modelo expone todos sus objetos y sus características. A través de la especificación de sus clases tal como se muestra en la figura 5. Definitivamente, el modelo de objeto de Revit es significativamente complejo ya que expone muchas clases, métodos, atributos, interfaces y eventos.

Los autores investigaron y se documentaron a fondo para entender la funcionalidad de las partes que intervienen en el modelo de un edificio virtual en Revit. Entre las partes más importantes se

BIM_1		
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
OBRA	Texto	Clave de la obra
PARTIDA	Texto	Clave de la partida
CONCEPTO	Texto	Clave del concepto de precios unitarios
FRENTE	Texto	Clave del frente de la obra
UNIQUEID	Texto	Identificador único de la entidad en Revit que se relaciona con este concepto.
VOLUMEN	Número	Volumen obtenido de la entidad en Revit
AREA	Número	Area obtenida de la entidad en Revit
LONGITUD	Número	Longitud obtenido de la entidad en Revit
TIPO	Número	Tipo de cálculo realizado en esta relación (0=Cuenta, 1=Longitud, 2=Area, 3=Volumen)

Figura 5.2 Tabla agregada a la plantilla de SincoWfi.

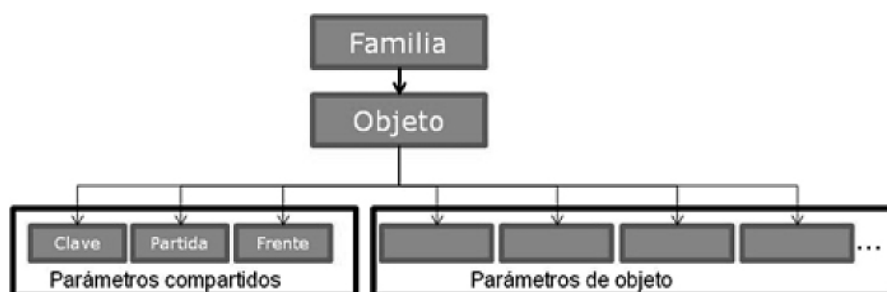


Figura 5.3 Estructura de parámetros compartidos en Revit.

encuentran las Entidades que pueden ser muros, cadenas, castillos, columnas, losas, etcétera. Cada una de ellas expone los atributos para poder obtener sus propiedades geométricas tales como longitudes, áreas y volúmenes, así como información de secuencia de construcción (Fases) (Autodesk, 2009).

MODIFICACIONES AL SINCOWFI

Para guardar la información que relaciona las entidades en Revit con los conceptos de los precios unitarios en SincoWfi; se escogió agregar una tabla a la plantilla de la base de datos de SincoWfi denominada BIM_1, la estructuración de esta tabla se muestra en la figura 5.2.

MODIFICACIONES A REVIT

Para manipular la información que se relaciona con las entidades en Revit con los conceptos

relacionados con la programación de obras; se diseñó una plantilla de parámetros compartidos más frecuentes tales como: obra, partida, concepto y frente de obra. La estructuración de estos conceptos se muestra en la figura 5.3.

FUNCIONES DE LAS HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

Básicamente, la primera herramienta computacional contempla una serie de programas (funciones) que permiten establecer un conjunto de relaciones entre un modelo virtual tridimensional en Revit con un modelo jerárquico de conceptos en un presupuesto de construcción. A través de esta relación es que se pueden obtener las cantidades de obra de cada concepto en un presupuesto de construcción ligado a su modelo de construcción virtual. La relación se muestra en la Figura 2, la cual es de tipo uno a varios, ya

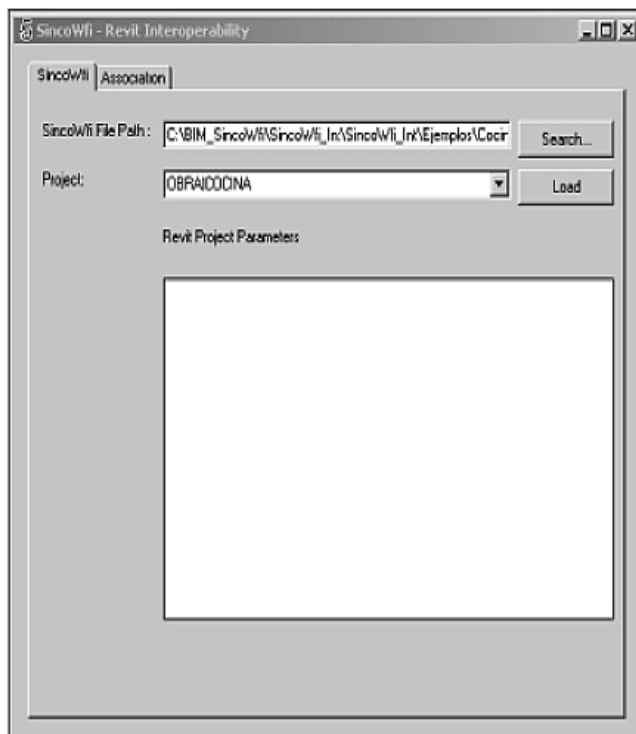


Figura 5.4 Ventana principal de la primera herramienta computacional (SincoWfi_Int).

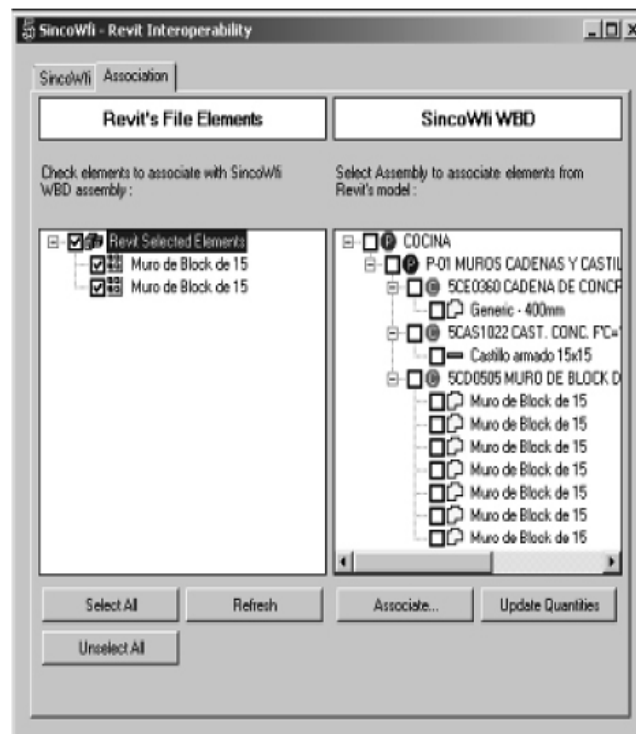


Figura 5.5 Apartado de asociación entre elementos de SincoWfi y Revit.

que se puede tener un conjunto de instancias de entidades en el modelo de la edificación virtual y luego ligarlas con un solo concepto de presupuesto. Por ejemplo, se pueden tener todas las entidades de los muros en la planta de un edificio relacionadas con el concepto de "muros" en la partida de muros, cadenas y castillos de un presupuesto.

La segunda herramienta computacional contempla una serie de programas (funciones) que permiten establecer un conjunto de relaciones entre un modelo virtual tridimensional en Revit con un modelo de actividades que se van a programar. A través de esta relación es que se pueden obtener la programación de cada concepto en un presupuesto de construcción ligado a su modelo de construcción virtual. (Tamick, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

El resultado de la primera herramienta computacional es un comando externo compilado en una librería de enlace dinámico al cual se puede acceder en el menú de comandos externos de Revit. Al menú de comandos externos se accede a través del menú principal Add-Ins, luego al submenú External Tools, el cual mostrará el menú de acceso al paquete computacional. En la (figura 5.4) se muestra el menú de acceso a la herramienta. Para utilizar este paquete computacional es necesario tener cargado en Revit el modelo de algún edificio que se quiera relacionar con un presupuesto de SincoWfi del cual se quiera realizar su cuantificación. Después de accionar el comando del paquete computacional aparece una ventana que permite realizar las distintas tareas necesarias para obtener la cuantificación del modelo en SincoWfi (figura 5.5).

Este paquete computacional se divide en dos partes, a la primera se puede acceder a través de la pestaña que dice SincoWfi. En esta parte se define la base de datos con extensión 5WF donde se encuentra el presupuesto realizado en SincoWfi. Se puede utilizar el botón que dice "Search..." para lanzar un buscador. También se tiene que escoger el proyecto que se desea cuantificar, ya que las bases de datos de SincoWfi pueden contener más de un proyecto en la misma base de datos. Al finalizar la selección del proyecto se tiene que presionar el botón que dice "Load" para cargar la información de la estructura de desglose de los trabajos del presupuesto de SincoWfi. La segunda parte se muestra en la figura 5.6. Esta parte permite realizar la asociación entre los elementos de Revit y de SincoWfi. En la parte izquierda de la ventana se

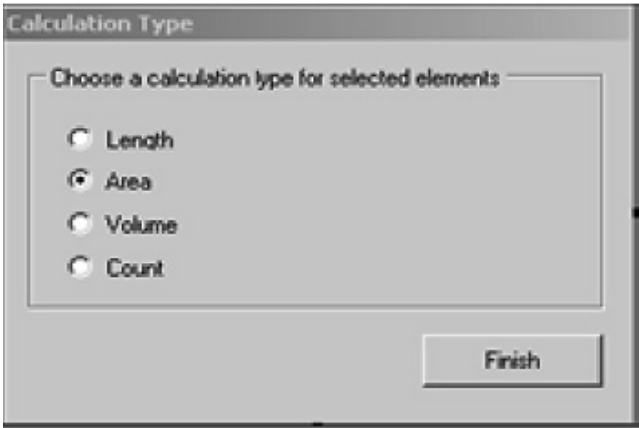


Figura 5.6 Ventana de tipo de asociación entre elementos de Revit y de SincoWfi.

tienen todos los elementos actualmente marcados como seleccionados en el modelo de Revit. Abajo se tiene un botón que permite seleccionar todos los elementos que aparecen en la ventana de elementos de Revit, etiquetado con "Select All".

También se tiene un botón que permite desmarcar la selección de elementos de Revit etiquetado con "Unselect All". Por último se tiene un botón que permite actualizar la selección de los elementos en el modelo de Revit etiquetado como "Refresh".

En la parte derecha se tiene la estructura de desglose de los conceptos de obra del presupuesto de SincoWfi. Esta ventana muestra todos los componentes del presupuesto de SincoWfi estructurado de manera jerárquica con partidas, frentes y conceptos de obra. También se muestra debajo de cada concepto algún elemento de Revit que previamente se hubiera asociado. En la parte de abajo de esta ventana se tiene un botón que permite realizar la asociación entre un concepto de SincoWfi seleccionado y uno o varios elementos de Revit de la parte izquierda. Al hacer click en el botón etiquetado con "Associate..." el paquete computacional muestra una ventana como la de la figura 5.7 que pregunta el tipo de asociación que se quiere crear entre el conjunto de elementos de Revit previamente seleccionados y el concepto de SincoWfi seleccionado. El tipo de asociación puede escogerse entre: (longitud, área, volumen y cuenta); esto permite saber que dato se tomará de cada uno de los elementos seleccionados del modelo de Revit para la cuantificación.

#	UNIQUE ID	NOMBRE	FASE CREA	PARTIDA	CLAVE	FRENTE
1	67690	Muro de BI Phase 1	Albaniler	50027	0001	
2	67708	Muro de BI Phase 1	Albaniler	50027	0001	
3	67761	Muro de BI Phase 1	Albaniler	50027	0001	
4	67831	Concrete-C Phase 1	Albañiler	50013	001	
5	68396	Cadena de Phase 1	Albaniler	50550	0001	
6	68409	Cadena de Phase 1	Albaniler	50550	0001	
7	68450	Cadena de Phase 1	Albaniler	50550	0001	
8	68465	Cadena de Phase 1	Albaniler	50550	0001	
9	68632	Cimiento- Phase 1	Albaniler	50023	0001	
10	68669	Cimiento- Phase 1	Albaniler	50023	0001	
11	68691	Cimiento- Phase 1	Albaniler	50023	0001	
12	69190	0610 x 107 Phase 1	Albañiler	50145	0001	
13	69317	3080 x 107 Phase 1	Albañiler	50145	0001	
14	69755	0610 x 107 Phase 1	Albañiler	50145	0001	
15	70662	1500 x 217 Phase 1	Albañiler	50147	0001	
16	70757	Model Line Phase 1				

Figura 5.7 Ventana principal de la segunda herramienta (Centauri alfa)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	#	UNIQUE ID	NOMBRE	FASE CREADA	PARTIDA	CLAVE	FRENTE	
2	9	68632	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
3	10	68669	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
4	11	68691	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
5	33	79069	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
6	34	78739	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50550	1	
7	35	79080	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
8	36	80197	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
9	37	80406	Cimiento- 300mm 2	01 Cimentacion	Albanileria	50023	1	
10	40	81734	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
11	41	81824	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
12	42	81897	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
13	43	81990	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
14	44	82059	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
15	45	82186	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
16	46	82241	Dado de Cimentación 30x30	02 Dados	Albanileria	50134	1	
17	5	68396	Cadena de cimentación	03 Cadenas	Albanileria	50550	1	
18	6	68409	Cadena de cimentación	03 Cadenas	Albanileria	50550	1	
19	7	68450	Cadena de cimentación	03 Cadenas	Albanileria	50550	1	
20	8	68465	Cadena de cimentación	03 Cadenas	Albanileria	50550	1	
21	38	80447	Cadena de cimentación	03 Cadenas	Albanileria	50550	1	
22	4	67831	Concrete-Commercial 362mm	04 Pisos	Albanileria	50013	1	
23	1	67690	Muro de Block de 15	05 Muros Nivel1	Albanileria	50027	1	

Figura 5.8 Apartado de integración Excel y Revit.

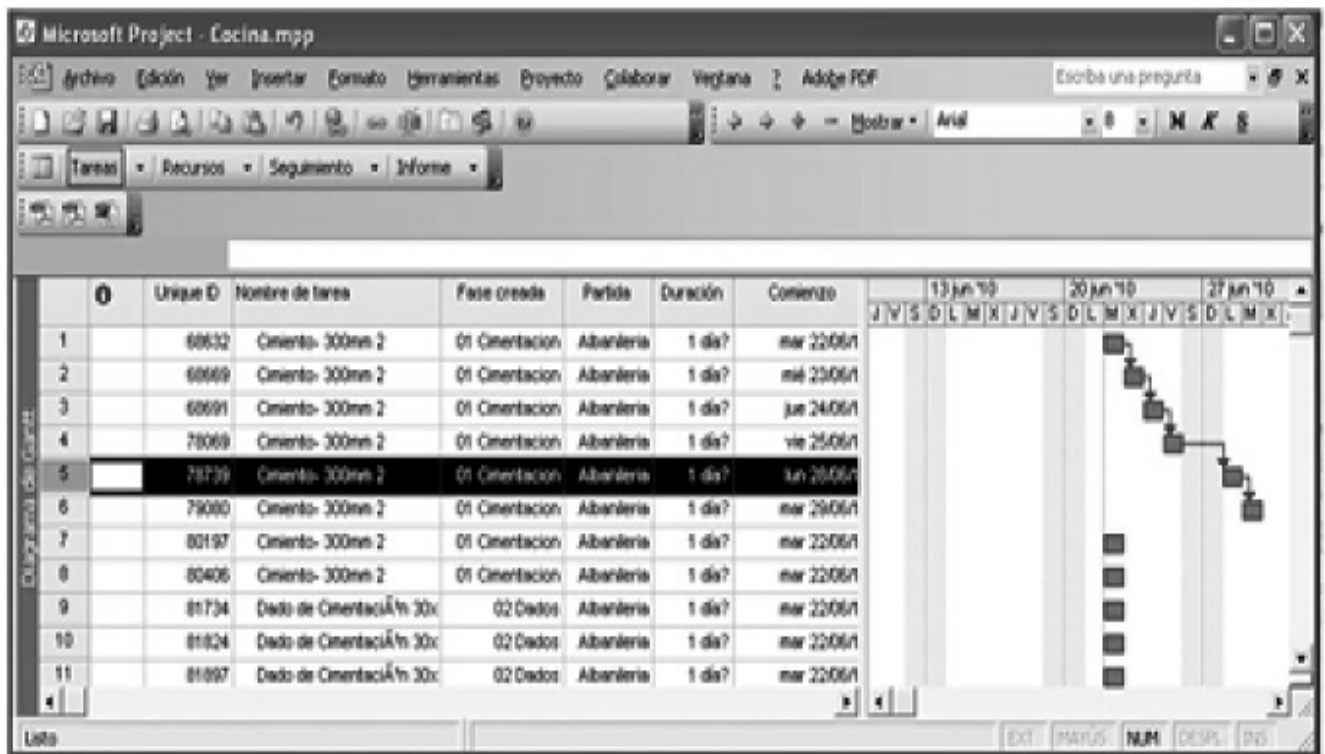


Figura 5.9 Ventana de vinculación Revit- MS Project.

Ruta del Archivo Revit.ini C:\Program Files\Autodesk Revit Architecture 2010\Program
[ExternalCommands]
ECCount = 2
ECName1 = SincoWfi SincoWfi Interoperability
ECDescription1 = SincoWfi Interoperability
ECClassName1 = SincoWfi_Int.SincoWfi_RevInt
ECAssembly1 = C:\Archivos de Programa\SincoWfi_Int\SincoWfi_Int.dll
ECName2 = Centauri Grid Control
ECDescription2 = Excel Project Interoperability
ECClassName2 = Centauri_RevInt
ECAssembly2 = C:\Archivos de Programa\Centauri\Centauri_Int.dll

Figura 5.10 Modificaciones al archivo Revit.Ini.

Una vez escogido el tipo de asociación, el paquete computacional guarda la información del modelo de Revit en SincoWfi en la tabla BIM_1 descrita anteriormente. La vista se actualiza mostrando los elementos asociados al presupuesto de SincoWfi del lado derecho.

Finalmente se tiene un botón que permite realizar la actualización de cantidades de obra desde el modelo de Revit a SincoWfi. Esta opción se utiliza cuando una vez realizadas las asociaciones entre los dos archivos a través de esta herramienta, las dimensiones de algún elemento relacionado del modelo en Revit cambian o simplemente algún elemento se elimina. El botón para realizar esta operación está etiquetado como "Update Quantities"

La segunda herramienta computacional es un comando externo compilado en una librería de enlace dinámico al cual se puede acceder en el menú de comandos externos de Revit. Al menú de comandos externos se accede a través del menú principal Add-Ins luego al submenú External Tools el cual mostrará el menú de acceso al paquete computacional. En la figura 5.7 se muestra el menú de acceso a la herramienta.

Después de accionar el comando del paquete computacional aparece una ventana que permite realizar las distintas tareas necesarias para obtener la estructura de programación de obra (figura 5.8). Este paquete computacional utiliza dos botones por el momento. El primer botón guarda la información extraída en el disco. Dicha información se encuentra guardada como un archivo delimitado por comas. Se escogió dicho formato para hacerlo portable entre aplicaciones.

Dicho archivo se encuentra escrito en ANSI estándar, por lo que no tiene los caracteres extendidos. Dicha limitante se pretende soslayar en versiones futuras del software.

El segundo botón llama a la aplicación Excel mediante comandos escritos y compilados en .NET, el cual viene incluido en el CodeGear RAD Studio. Dichas librerías fueron escritas en Delphi para .NET. En Excel se puede manipular la información para que quede acorde con la programación de obra. Una vez hecho esto se puede guardar la información para luego llamar a Project. En la figura 5.9 se muestra la pantalla de Excel con los datos obtenidos de la hoja de Revit.

Una vez que se han manipulado, corregido y ordenado por fase, los datos en Excel son exportados a Project.

El usuario es libre de escoger las columnas que más le convengan para la planificación de tareas. Una vez vaciados los datos del usuario en Excel, se guardan y se anexan a la hoja de programación de tareas. En la figura 5.10 se muestran los resultados de la operación descrita anteriormente. El usuario queda en libertad de agrupar, proporcionar duraciones y dependencias entre los elementos gráficos y tareas que se tienen.

REQUERIMIENTOS

Para poder trabajar con las herramientas computacionales se necesita tener instalado en el sistema el Autodesk Revit® 2010 con las modificaciones a su plantilla, el SincoWfi en su última versión que incluye las modificaciones a su plantilla, Microsoft Excel y Microsoft Project.

Es necesario contar con una versión instalada y actualizada del .NET Framework ya que estas herramientas fueron desarrolladas en Visual Studio 2008 (Visual Studio, 2007) y CodeGear RAD Studio 2007. También se necesita actualizar el archivo Revit.Ini agregando una referencia a la librería de enlace dinámico DLL denominada SincoWfi_Int.dll. La modificación se muestra en la tabla 1.

HARDWARE RECOMENDADO

Debido a que se trata de software de modelado es recomendable utilizar una computadora de tipo Workstation con procesador de doble núcleo. La memoria RAM se recomienda que no sea menor a 4 Gb. Es necesario contar con ratón y pantalla de resolución superior a 1024 x 768 pixeles.

CONCLUSIONES

Las herramientas computacionales desarrolladas permiten hacer una conexión importante entre tres sistemas muy utilizados en las empresas dedicadas al diseño de construcción en la península de Yucatán en México. La principal meta de este trabajo es explorar las posibilidades de mejora tecnológica de los procesos asociados con la cuantificación de los proyectos de construcción modelados utilizando la tecnología de modelado integral de proyectos (o BIM, Building Information Modeling). Se recomienda su utilización en asignaturas relacionadas con la ingeniería de costos y el diseño para consolidar la relación de las partes de ingeniería y diseño con las de estimación de costos y planeación de obra.

REFERENCIAS

Autodesk Revit 2010, "Manual del Usuario", Autodesk, USA, 2009.

Eastman, Ch. Teicholz, P., Sacks R., Liston, K., "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors", Wiley, USA, 2008.

SincoWfi, "Manual Técnico y de Usuario", Paquete computacional Inédito FIUADY, 2003.

Tammik, J., "Introduction to Revit Programming", Autodesk technical support, USA, 2009

Visual Studio 2008, "User's Manual", Microsoft, USA, 2007.